

# 論文審査の要旨及び担当者

No.1

報告番号	甲 乙 第 号	氏 名	猪狩 良介
論文審査担当者	主 査	： 中妻 照雄	(慶應義塾大学経済学部教授、Ph.D.)
	副 査	： 里村 卓也	(慶應義塾大学商学部教授、博士(経済学))
		： 星野 崇宏	(慶應義塾大学経済学部教授、博士(経済学))
	面接担当	： 河井 啓希	(慶應義塾大学経済学部教授、修士(商学))
		： 長倉 大輔	(慶應義塾大学経済学部教授、Ph.D.)
(論文審査の要旨)			
論文題目			
Bayesian Data Combination Approach Integrating Micro and Macro Information: Application to Duration Models for Incomplete Marketing Data			
1. 論文の概要			
<p>本論文の主たる目的は、個票レベルのマイクロデータと集計レベルのマクロデータを統合させる「Data Combination アプローチ」に基づく継続時間分析での新しい推定法の提案である。これまでもマイクロデータとマクロデータを統合させることの必要性は指摘されてきた。例えば消費者行動に関する研究においては、消費者パネルから入手できる個票レベルのデータにはパネルからの離脱や選択バイアスなどの問題が、また個人の購買履歴を各時点で集計したデータには集計バイアスの問題がそれぞれ存在する。したがって、どちらか一方ではなくマイクロデータとマクロデータの双方の情報を適切に統合して解析することが望ましいとされる。本論文は、近年理論的な整備が進みつつある準ベイズ法を利用して、継続時間分析における Data Combination アプローチによる推定法を開発し、これを購買間隔の情報が不完全である購買履歴データに適用することで消費者行動の分析を行っている。具体的には、マイクロデータに対する購買間隔の継続時間モデルに対してマクロ情報に基づくモーメント条件を制約として課し、準ベイズ法とマルコフ連鎖モンテカルロ(MCMC)法(以下、同時に使用する場合は単に準ベイズ法)を利用して数値最適化によらずパラメータを推定する手法を提案している。従来の Data Combination アプローチの先行研究においては、本論文が提案するような準ベイズ法の利用は行われておらず、この点において本論文は極めて新規性のある研究といえよう。</p> <p>本論文は6つの章から構成されている。しかし、第1章は導入、第6章は結語であり、第2章では関連する分野の文献紹介、特に継続時間分析と欠測データに由来する諸問題、そして Data Combination アプローチについての先行研究の紹介と課題の整理を行っている。したがって、以下では本論文の核心部分である第3章～第5章の概要を手短に紹介したい。</p> <p>第3章では、マーケティングにおける競合リスクモデルの継続時間モデルへの応用を扱っている。具体的</p>			

には、EC サイト (Online) 対リアル店舗 (Offline) という競合関係下における購買間隔モデルへの応用に焦点を当てている。一般に、継続時間分析において複数の事象（例えば病気の再発や再発前の死亡など）が存在する場合、最も継続時間の短かった事象のみが観測され、それ以外の事象の継続時間は観測されない。このような状況下で競合関係を無視した分析を行うと、推定値にはバイアスが生じることが知られている。実際、本章では、同一購買者パネルから得られるシングルソース・データを用いて、Online と Offline における購買間隔モデルを MCMC 法で推定し、競合関係を考慮しない場合には推定値にバイアスが生じることを示した。また、本章では、購買間隔モデルに Potential Outcome アプローチである競合リスクモデルを組み入れることで、反実仮想 (counterfactual) でのマーケティングの施策効果のシミュレーションが可能であることも実データ解析により示している。

一方、今後の研究課題も散見される。例えば、本論文では継続時間がワイブル分布に従うと仮定したパラメトリック・モデルを一貫して使用しているが、継続時間モデルの一般化という点ではベースライン・ハザード関数に分布の仮定を置かない Cox 比例ハザード・モデルへの拡張が期待されよう。また、この拡張によって、時間共変量を組み込み、価格の日々の変動などを考慮できるようになると考えられる。

第 4 章では、打ち切りインディケータが欠測する状況や一部の従属変数が欠測値に依存する、いわゆる Not Missing At Random な欠測を含む場合の継続時間分析に Data Combination アプローチに基づく準ベイズ法を応用する方法を提案している。一般的に、企業がマーケティングなどに利用できる自社データベースの中には、顧客の競合他社における購買履歴は含まれない。本章では、この問題を打ち切りインディケータの欠測として捉え、Data Combination アプローチを利用してマクロ情報を統合することで、打ち切りインディケータが欠測するデータから本来の推定結果を得るための方法を提案している。さらに、提案手法を SCI（全国消費者パネル調査）のパネルデータから作成した購買履歴データに適用し、既存手法と推定の精度に関する比較も行っている。実データでの比較結果によると、既存手法によって不完全データから得られた推定値は価格の効果を過小評価する傾向があり、係数の符号も完全データで得られたものと逆になることがわかった。一方、提案手法では、不完全データを用いても完全データによる推定とほぼ同じ結果を得られることが示された。

第 5 章では、中間欠測を含む繰り返しのある継続時間分析に焦点を当てている。繰り返しのある継続時間分析において、観測された事象の間に観測されない事象が存在する場合、観測される継続時間は複数の継続時間の累積和となり、本来よりも過大な値をとる傾向がある。また、中間欠測の状況下では、どの観測値に中間欠測が含まれているかを示す欠測インディケータ自体が観測されないという問題があり、一般的な欠測データ解析をそのまま利用することができない。そのため、観測されているマイクロデータのみからパラメータの推定を適切に行うことは困難である。そこで、本章ではマクロ情報を統合することで、

欠測インディケータが観測されない状況においても、継続時間データから本来のパラメータの値を推定できる方法を提案している。なお、中間欠測では欠測インディケータが観測されないため、欠測インディケータを潜在変数として扱う必要があるが、第4章で利用した準ベイズ法において、潜在変数を含めた方法はこれまで提案されていない。そこで、本章では準ベイズ法において尤度関数と一般化モーメント法 (GMM) の目的関数を分離し、潜在変数が利用可能な新しい準ベイズ法を提案している。こうすることで、潜在変数を含む場合でもマクロ情報を補助的に活用する Data Combination アプローチを準ベイズ法の枠組みで扱うことが容易になる。そして、本論文では競合他社における購買が記録されていない状況を実データ (SCI データ) を元に再現して提案手法を適用することで、既存手法では価格の効果が正しく推定されないが、提案手法では正しく推定されることを示した。

## 2. 論文の評価

近年、政府統計や家計調査などの結果の一部公開やオーダーメイド集計なども利用可能になってきており、マクロ情報は今後利用しやすくなると考えられる。このような研究環境の変化を踏まえると、本論文が提案する準ベイズ法による Data Combination アプローチは、経済学のみならず、マーケティング、医学などにおける個票データを利用した実証分析を選択バイアスを除外した形で実施するための重要なツールの一つとなるであろう。また、欠測インディケータが観測されない統計モデルを扱うという意味では、本論文を統計科学、特に欠測データ解析の分野における非常に重要な貢献とも見なせる。なお第3章と第4章の元となった研究成果は、それぞれ独立した査読付き論文としてオペレーションズ・リサーチと計算機統計学の学術雑誌において公刊済みである。この事実からも本論文の研究水準の高さを窺い知ることができよう。

しかしながら、本論文は統計的分析手法の研究に主眼を置いているため、消費者行動の理論に関する諸モデルとの融合や構造推定的な発想への展開が今後の重要な課題であるという指摘が一部の審査委員から出された。加えて、モデルの一部にパラメトリックな仮定を置いていることから、他のモデルとの比較のための指標や情報量規準の適用についての議論が望まれるという声も審査委員の中にはあった。

但し、上記の指摘された課題は本論文の学術的な価値や貢献を損なうものではなく、ここで提案された諸手法が幅広く利用されるための今後の研究課題と言える。

以上の所見から、本論文は計量経済学、統計学とそのマーケティングへの応用という点において新規性のある研究であり、審査委員会は全員一致で本論文が博士 (経済学) の学位を授与するにふさわしいと判断した。